

**Nachbilder in der Abhängigkeit von der Größe
des Elektronenblitzes und der Reizstärke**

von
Marton Nagy
aus
Budapest



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548612_0040

Aus der Augenklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. E. Schreck

Nachbilder in der Abhängigkeit von der Größe des Elektronenblitzes und der Reizstärke

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Marton Nagy

aus

Budapest

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Priv.-Doz. Dr. E. Genée

Korreferent: Prof. Dr. E. Schreck

Tag der mündlichen Prüfung: 11.7.1972

Inhaltsverzeichnis:

- A) Einleitung: Problem und Fragestellung
- B) Literaturteil:
 - 1. Historischer Überblick
 - 2. Phasen des Nachbildes
 - 3. Theorien zur Entstehung von Nachbildern
- C) Eigene Untersuchungen:
 - 1. Versuchsaufbau
 - 2. Verwendete Geräte
 - 3. Eichung der Geräte
 - 4. Ergebnisse
- D) Diskussion:
- E) Zusammenfassung:
- F) Literatur:

A) Einleitung:

Da es gelungen ist, für die Reproduktionsfotographie homogen ausgeleuchtete großflächige Elektronenblitze zu entwickeln, war es interessant, die Nachbildphasen in Zusammenhang mit der Größe des dargebotenen Lichtblitzes und der Beleuchtungsstärke zu untersuchen. Diese Aufgabe wurde dieser Arbeit zu Grunde gelegt.

B) Literaturteil:

1. Historischer Überblick:

Nachbilder sind ein häufig untersuchtes, jedoch noch nicht völlig erfaßtes Naturphänomen.

Schon im alten Ägypten finden sich Papyrusaufzeichnungen. Plato hat sich damit näher befaßt und erblindete bei den entsprechenden Untersuchungen. Im Mittelalter wurde den Nachbildern eine mystische Bedeutung zugeschrieben. Goethe und sein Freundeskreis beschäftigten sich mit den Nachbildern. Dabei stellte er fest, daß mit dem periodischen Ablauf der Nachbilder bei kurzer Wirkung auf die Netzhaut auch eine Erscheinung zusammenhängt, die man bei Goethe folgendermaßen beschrieben findet: "Man erzählt, daß gewisse Blumen im Sommer bei Abendzeit gleichsam blitzen, phosphoreszieren, oder ein angebliches Licht ausströmen." Das Scheinbild, das Blitzen der Blumen, ist also das secundaere, kontrastgefärbte Nachbild.

Goethe machte weiterhin folgende Beobachtung mit einem schwarzen Pudel. Er fixierte das Straßenpflaster und sah dem Pudel, welcher vor ihm lief, einen weißen Schein folgen. Goethe meinte, daß dieses Phaenomen eine "natürliche Funktion des Auges" sei, heute als Nachbild bezeichnet.

Helmholz und Graefe beobachteten an sich selbst bei entsprechenden Versuchen Kopfschmerzen und Ohrensausen. Spontan treten Nachbilder bei Alkoholikern und verschiedenen Geisteskrankheiten in Erscheinung. In neuester Zeit wurden sie auch von Rauschgiftsüchtigen beobachtet.

2. Phasen des Nachbildes:

Nach einem kurzen Lichtreiz mittlerer Helligkeit beschrieben Purkinje (1868) und Fröhlich (1921) (Methode des bewegten Lichtreizes: Beobachtungen an einer im Kreise geschwungenen Kohle) die einzelnen Nachbildphasen und ihre zeitlichen Verhältnisse wie folgt:

Phase I

Das primäre Bild: Es ist mit dem Originalbild gleichzusetzen und intensitätsabhängig. Das primäre Bild ist außerdem von Farbe und vom Adaptationszustand abhängig.

Phase II

Erstes dunkles Intervall.

Phase III

Erstes positives, gleichgefärbtes Heringsches Nachbild.

Es tritt 40 - 60 msec nach Beginn des primären Bildes auf und dauert bei weißem Reizlicht 20 - 50 msec. Dieses Nachbild ist bei höheren Lichtintensitäten sichtbar und bei farbigen Lichtreizen dem primären Bild gleichgefärbt. Ein roter Lichtreiz erzeugt kein Hering-sches Nachbild.

Phase IV

Negatives Nachbild (Dunkles Intervall). Es ist intensitätsabhängig und dauert etwa 65 - 200 msec.

Phase V

Zweites positives komplementär gefärbtes Purkinjesches Nachbild. Es hat eine Dauer von 60 - 200 msec und ist etwa 170 - 250 msec nach dem primären Bild sichtbar.

Phase VI

Negative Phase (Zweites dunkles Intervall länger dauernd als irgend eine der vorhergehenden Phasen ca 500 msec).

Phase VII

Eine längere, bei farbigen Lichtreizen gleichgefärbte positive Nachbildphase, das Heringsche Nachbild, dauert bis zu 5000 msec.

Phase VIII

Ein langes spätes negatives Nachbild nach sehr hellen Lichtreizen, das meist komplementär gefärbt ist und einige Sekunden sichtbar sein kann.

Padgham (1963) konnte die Ergebnisse von Pannevis (1947) nicht bestätigen, kam jedoch auch zu dem Schluß, daß signifikante quantitative Messungen über positive Nachbilder möglich sind, wenn Wright's Methode des beidäugigen Beobachtens angewendet wird. Die Helligkeitsempfindung eines Nachbildes in einem Auge wird binocular verglichen mit der Empfindung eines Vergleichslichtes in dem anderen Auge

Cüppers (1956) führte die Nachbildmethode in die Schielbehandlung ein. Er entwickelte ein Ausblendverfahren zur Behandlung der Amblyopie.

Gibson (1937) hat festgestellt, daß Nachbilder Folge von Adaptationsvorgängen sind, die central und peripher ablaufen und von der Einwirkung des Reizes abhängig sind. Adaptation und negative Nachbilder sind nachgewiesen worden von Gibson (1937), Gibson und Radner (1937) und bestätigt worden von Vernon (1934) sowie Bales und Follansbee (1935).

3. Theorien zur Entstehung von Nachbildern:

Die Köhler - Wallach - Theorie (1944) basiert auf der Übersättigung, einem angenommenen Prozeß wie sie in der Elektrophysik vorkommen, nämlich der Polarisierung von Elektrolyten. Auch die Köhler - Wallach - Theorie wurde von einigen Autoren angegriffen: Erstens sei das physiologische Substrat für ihre Theorie noch unsicher,

wie Lashley, Chow und Semmes (1951), Sperry und Meyers (1955) feststellten. Zweitens zeigen die Ergebnisse von Gibson und Radner (1937) sowie Sagara und Oyama (1957) ein der Adaptation ähnliches Phaenomen, das zur Stützung der Köhler - Wallach - Theorie versagt.

Osgood und Heyer (1952) akzeptierten die Theorie von Köhler und Wallach (1944), glaubten jedoch, daß noch neurologische Vorgänge eine wichtige Rolle bei der Entstehung der Nachbilder spielen.

Durch Deutsch (1956) wurde nachgewiesen, daß die Osgood - Heyer - Theorie (1952) in ihrer gegenwärtigen Form nicht akzeptabel ist.

Durch seine Experimente ist Pollack (1963) über Gibsons (1937) Theorie der Adaptation zu einer ähnlichen Theorie gekommen, nämlich der sensorisch-tonischen Wahrnehmungstheorie als Ursache zur Entstehung der Nachbilder. Er glaubt, daß sie die dem Phaenomen der Nachbilder am meisten gerecht werdende Theorie ist. Er schloß aus seinen Experimenten auch, daß sie jedoch für die Nachbilder nur begrenzt anwendbar ist.

Die positiven Nachbilder werden mit Exnerschen Scheiben, der sogenannten Archimedesspirale, gemessen.

Der kleinste Lichtreiz, der Nachbilder auslöst, liegt bei $5,6 \cdot 10^{-10}$ Erg/sec. Noch zu differenzieren ist ein Lichtreiz von $1/60$ Erg. Die Frequenz ist in der Macula am größten, in der Peripherie und bei Dunkeladaptation am kleinsten. Der Lichteindruck hält länger an, als der Lichtreiz dauert. Dadurch wird ein positives Nachbild möglich, das nach einiger Zeit infolge Unterempfindlichkeit der Netzhaut für neue Reize in ein negatives Nachbild übergeht. Licht wird an der betreffenden Stelle nicht, oder nur schwach gesehen.

Nach Hering ist das Nachbild nicht eine Ermüdungserscheinung, sondern geradezu eine Erholungserscheinung. Nach Köhler ist das negative Nachbild, ein bei plötzlichem Wechsel der Umfeldbeleuchtung sichtbar werdendes Bild, das nach Fixieren eines Testfeldes auf eine andere Stelle des Umfeldes projiziert wird, oder auf ein Umfeld anderer Leuchtdichte gelenkt wird. Bisher wurde diese Theorie nur für unbekannte Reize aufgestellt.

Anhand des Schemas von Gibis läßt sich das negative Nachbild folgendermaßen veranschaulichen:

Hört der Reiz auf, sinkt der Primärprozeß steil bis auf sein Ausgangsniveau ab, während der Sekundärprozeß den spiegelbildlich umgekehrten Verlauf nimmt. Nach einer kurzen Latenzzeit, der Dunkelpause zwischen dem primären und sekundären Bild, setzt die entgegengesetzte Empfindung, das negative Nachbild ein.

Durch Kompression der Bulbi können die Nachbilder verlängert werden. Diese Beobachtung haben wir nicht gemacht. Lediglich durch Augenzwinkern kann man eine Verlängerung der Nachbilder erreichen.

Otto-Joachim Grüsser und Anton Grützner, welche mit Hilfe einer verbesserten Mikroelektrodenteknik arbeiteten, registrierten intracelluläre Reaktionspotentiale einzelner Rezeptoren (Zapfen). Auf einen kurzen Lichtblitz antwortet der Receptor nach einer Latenzzeit von 6 - 15 msec. mit einer 30 - 200 msec. dauernden negativen Potentialänderung von 3 - 30 mV. Dieses hyperpolarisierende Reaktionspotential steigt innerhalb von 10 - 40 msec. auf ein Maximum an und sinkt daraufhin wieder langsam innerhalb von 60 - 150 msec. auf das Ruhepotential ab. Nachreaktionen, welche zeitlich dem Purkinjeschen bzw. Heßschen Nachbild entsprechen würden, konnten nicht registriert werden. Das gleiche gilt

auch für das aus der Receptorenschicht mit Mikroelektroden abgeleitete intraretinale Elektroretinogramm. Es ist daher anzunehmen, daß auch die Stäbchen nach einem kurzen Lichtblitz keine späten Nachreaktionen zeigen.

Nach direkter corticalen elektrischer Reizung, nach Thalamusreizung und nach elektrischer Reizung des N. opticus reagiert ein Teil der Neurone der optischen Cortex mit einer primären Aktivierungsphase, danach mit einer Hemm- und sekundären Aktivierungsphase. Die zentralen Teile des optischen Systems zeigen also auch bei unphysiologischer Reizung rhythmische Nachreaktionen. Diese corticalen und subcorticalen Mechanismen können durch Konvergenz thalamischer und anderer unspezifischer Afferenzen in der Cortex die retinalen Erregungsmuster modifizieren.

Die mitgeteilten Ergebnisse ermöglichen eine Bestimmung des primären Entstehungsortes der periodischen Nachbildphasen im retinalen Neuronensystem. In der Retina beginnt die rhythmische Aktivierung und Hemmung der Neurone nach einem Lichtblitz. Dieses primäre retinale Erregungsmuster ist die Grundlage für die folgenden corticalen Neuronenentladungen. Die Entstehung der periodischen Aktivierungsphasen der retinalen und corticalen Neurone wird als Folge der Überlagerung von gleichzeitigen, synaptischen erregenden und hemmenden Impulsen interpretiert.

Folgende zeitliche Übereinstimmung der objektiven retinalen und corticalen Erregungsmuster mit den subjektiven Nachbildphasen beim Menschen werden aufgezeigt: Das primäre Bild entspricht der Primäraktivierung der on-Neurone (bzw. der corticalen B-Neurone), welche durch den Anstieg des Receptorpotentials bedingt ist.

Das Purkinjesche Nachbild entspricht der Secundäraktivierung der off-Neurone (bzw. der corticalen B-Neurone), das Heßsche Nachbild der tertiären Aktivierungsphase der on-Neurone (bzw. der corticalen B-Neurone) und der sekundären Aktivierung der on-off-Neurone (bzw. corticalen E-Neurone).

Nach Pannevis: Ein intensives Nachbild wird projiziert auf einem Hintergrund, dessen Helligkeit variiert und registriert werden kann. Die Helligkeit des Nachbildes wird charakterisiert durch diejenige Helligkeit des Hintergrundes, bei welcher Nachbild und Hintergrund den gleichen Helligkeitseindruck verursachen (Umschlag vom positiven ins negative Nachbild). Die Abnahme der Helligkeit folgt der Potentialgleichung $H = t^a, e^h$. Die den Lichtreiz überdauernde Regung verläuft langsamer als die einleitenden physikalischen Prozesse und, soweit zu beurteilen ist, anders und schneller als die höheren nervösen Prozesse. Jede folgende Reaktion dieser Kette läuft dann langsamer ab, als die vorhergehende. Periphere Nachbilder nach gleichem Lichtreiz sind weniger intensiv und verblassen schneller. Im Areal eines zentralen Skotomes kann die Nachbildfunktion vollständig fehlen, um bei Wiederherstellung des Sehvermögens erst peripheren und später zentralen Charakter anzunehmen.

C) Eigene Untersuchungen:

1. Versuchsaufbau:

Zwei Testpersonen werden nach 60 min. Adaptation von 0,50 m Entfernung mit dem Spezialblitz angeleuchtet. Eine Kontrollperson hat mittels Stoppuhr die Nachbilder nach Farbe und Dauer gemessen. Die gleichen Messungen wurden bei 100 Lux Beleuchtung durchgeführt, außerdem mit verschiedenfarbigen Filtern. Weiterhin erfolgte eine photometrische Lichtstärkemessung. Die Nachbilder wurden nicht provoziert (wie Augenzwinkern, Druck auf den Bulbus). Zwischen zwei Stufen wurde eine 10-minütige Pause eingelegt, bei den letzten eine 15-minütige. Während der Versuche bei Tageslicht wurde der Blitz fixiert, bei Dunkelheit wurde die Blickrichtung konstant gehalten. Das Donders'sche Gesetz sagt aus, daß bei festgestelltem Kopf die Augenstellung bei gegebenem Blickpunkt konstant ist. Durch Kompression der Bulbi können die Nachbilder verlängert werden. Diese Beobachtung konnte nicht gemacht werden, lediglich mit Augenzwinkern kann man eine Verlängerung der Nachbilder erreichen.

Nach Austesten der sechs Stufen wurde die Versuchsperson gewechselt und der oben beschriebene Vorgang wiederholt. Abschließend wurden die Meßergebnisse in Graphiken und Tabellen anschaulich festgehalten.

2. Verwendete Geräte:

Für die Versuche standen das Blitzgerät "Broncolor" R 11 der Firma Bron-Elektronik AG., Basel und außerdem zwei Flächenleuchten vom Typ LR 11 der Größe 6 x 9 cm und 18 x 24 cm zur Verfügung. Das Blitzgerät hat sechs Leistungsstufen. Untersucht wurden die Nachbildphasen bei einer Beleuchtung von 100 Lux und bei absoluter Dunkelheit.



Abbildung 1

Broncolor R 11 Generator
Elektrolytkondensatoren, Spannungsstabilisation,
Leistungswahl durch Drucktasten in logarithmischer
Folge im Verhältnis von 1 : 8, Ladungs-Anzeigelampe,
Blitzauslösung durch Drucktaste, Fernsteuerungssteckdose,
Schloß-Betriebsschalter, in hellblaulackiertem Stahl-
blechgehäuse.

Nachladezeit: 1 bis 15 sec. je nach gewählter Leistung.

Anschlußmöglichkeit: Flächenleuchten für Dias zu Ver-
größerungsgeräten, Flächenleuchten für Dias zu Repro-
kamas, Flächenleuchten für Aufsichtsoriginale,

Netzanschluß: 220 V, 3 A Einphasen-Wechselstrom (an-
dere Spannungen auf Anfrage).

Arbeitsspannung: 500 V

Masse: 550 x 390 x 370 mm

Gewicht: 26,8 kg

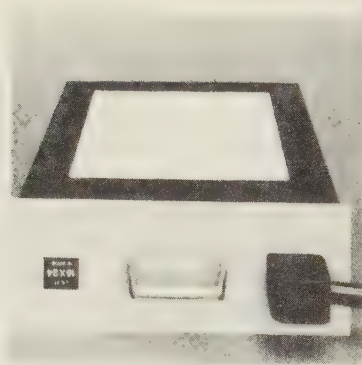


Abbildung 2

Flächenleuchte Typ LR 21/24 x 18 - D
zu Durst Laborator GR 184 und V 184 zum Einschub in Kondens-
eröffnung, ausgerüstet mit Flächenblitzröhren, Kalt-Ein-
stelllicht, Diffusorscheibe, 3 m Kabel, in Stahlblechge-
häuse mit Lichtaustrittöffnung 260 x 280 mm

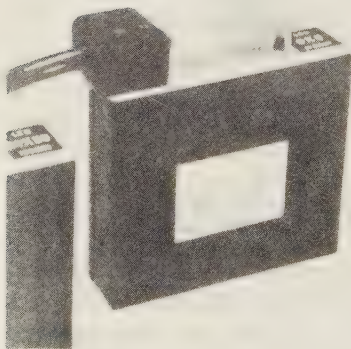


Abbildung 3

Flächenleuchte Typ LR 11
24 x 36 - D
zu Durst Laborator 138 S,
G 139, Pawo Colorex, zum
Einschub in Kondenseröffnung,
mit Flächenblitzröhren, Dif-
fusorscheibe, in Stahlblech-
gehäuse, Lichtaustrittöff-
nung: 38 x 50 mm
3 m Kabel

Flächenleuchte Typ LR 11
6 x 9 - D
gleich wie obige Ausführ-
ung, jedoch mit Licht-
austrittöffnung 70 x 100 mm
und entsprechenden Blitzröh-
rentypen

3. Eichung der Geräte:

Die Leuchtdichte betrug bei allen Versuchen entsprechend den Leistungsstufen 1123 asb, 842 asb, 562 asb, 421 asb, 281 asb und 140 asb. Die Eichung der Lichtblitze mit Farbfilttern in allen vier Farben geschah mit Hilfe der Photographie. Die Dauer der Lichtblitze war während sämtlicher Untersuchungen von einer konstanten Größe, sie betrug $1/200$ sec. Von jeder Farbe wurden jeweils 10 Versuche durchgeführt und anschließend der Mittelwert bestimmt.

4. Eigene Ergebnisse:

Stufe I	Versuchsperson 1	15 sec.
	Versuchsperson 2	30 sec.
Stufe II	Versuchsperson 1	50 sec.
	Versuchsperson 2	59 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	59 sec.
	Versuchsperson 2	60 sec.
Stufe IV	Versuchsperson 1	102 sec.
	Versuchsperson 2	60 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	177 sec.
	Versuchsperson 2	180 sec.
Stufe VI	Versuchsperson 1	190 sec.
	Versuchsperson 2	200 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	20 sec.
	Versuchsperson 2	40 sec.

Stufe II	Versuchsperson 1	110 sec.
	Versuchsperson 2	80 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	130 sec.
	Versuchsperson 2	125 sec.
Stufe IV	Versuchsperson 1	120 sec.
	Versuchsperson 2	170 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	150 sec.
	Versuchsperson 2	200 sec.
Stufe VI	Versuchsperson 1	176 sec.
	Versuchsperson 2	250 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	20 sec.
	Versuchsperson 2	18 sec.
Stufe II	Versuchsperson 1	60 sec.
	Versuchsperson 2	37 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	118 sec.
	Versuchsperson 2	70 sec.

Stufe IV	Versuchsperson 1	90 sec.
	Versuchsperson 2	102 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	150 sec.
	Versuchsperson 2	125 sec.
Stufe VI	Versuchsperson 1	245 sec.
	Versuchsperson 2	175 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	110 sec.
	Versuchsperson 2	100 sec.
Stufe II	Versuchsperson 1	90 sec.
	Versuchsperson 2	100 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	130 sec.
	Versuchsperson 2	145 sec.
Stufe IV	Versuchsperson 1	150 sec.
	Versuchsperson 2	165 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	200 sec.
	Versuchsperson 2	225 sec.

Stufe VI	Versuchsperson 1	225 sec.
	Versuchsperson 2	205 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	72 sec.
	Versuchsperson 2	75 sec.
Stufe II	Versuchsperson 1	150 sec.
	Versuchsperson 2	170 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	160 sec.
	Versuchsperson 2	210 sec.
Stufe IV	Versuchsperson 1	225 sec.
	Versuchsperson 2	180 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	190 sec.
	Versuchsperson 2	200 sec.
Stufe VI	Versuchsperson 1	210 sec.
	Versuchsperson 2	230 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	18 sec.
	Versuchsperson 2	14 sec.

Stufe II	Versuchsperson 1	35 sec.
	Versuchsperson 2	75 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	145 sec.
	Versuchsperson 2	105 sec.
Stufe IV	Versuchsperson 1	285 sec.
	Versuchsperson 2	245 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	300 sec.
	Versuchsperson 2	245 sec.
Stufe VI	Versuchsperson 1	350 sec.
	Versuchsperson 2	245 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	230 sec.
	Versuchsperson 2	140 sec.
Stufe II	Versuchsperson 1	270 sec.
	Versuchsperson 2	95 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	350 sec.
	Versuchsperson 2	177 sec.

Stufe IV	Versuchsperson 1	335 sec.
	Versuchsperson 2	168 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	350 sec.
	Versuchsperson 2	260 sec.
Stufe VI	Versuchsperson 1	387 sec.
	Versuchsperson 2	280 sec.
Stufe I	Versuchsperson 1	205 sec.
	Versuchsperson 2	183 sec.
Stufe II	Versuchsperson 1	205 sec.
	Versuchsperson 2	350 sec.
Stufe III	Versuchsperson 1	275 sec.
	Versuchsperson 2	365 sec.
Stufe IV	Versuchsperson 1	240 sec.
	Versuchsperson 2	465 sec.
Stufe V	Versuchsperson 1	255 sec.
	Versuchsperson 2	400 sec.

Stufe VI	Versuchsperson 1	270 sec.
	Versuchsperson 2	540 sec.

Die Wahl der Leistung erfolgt durch Niederdrücken der gewünschten Leistungstaste. Auf der Leistungsstufe 8 ist die volle Leistung des Gerätes eingeschaltet. Die übrigen Leistungsstufen stehen im Verhältnis der auf den Tasten vermerkten Zahlen, also:

Stufe 1	125 Wattsekunden
Stufe 2	250 Wattsekunden
Stufe 3	375 Wattsekunden
Stufe 4	500 Wattsekunden
Stufe 6	750 Wattsekunden
Stufe 8	1000 Wattsekunden

Der Apparat hat eine Höchstleistung von 2000 Watt. Der Einstellbereich der Leistung liegt bei 1 : 8. Anzahl der Leistungsstufen 6.

Stufe 1	hat eine Leuchtdichte von 140 Asb bei 432 cm ² Fläche
Stufe 2	dto. 281 dto.
Stufe 3	dto. 421 dto.
Stufe 4	dto. 562 dto.
Stufe 5	dto. 842 dto.
Stufe 6	dto. 1123 dto.

Stufe 1	hat eine Leuchtdichte von 140 Asb bei 54 cm ² Fläche
Stufe 2	dto. 281 dto.
Stufe 3	dto. 421 dto.
Stufe 4	dto. 562 dto.
Stufe 5	dto. 842 dto.
Stufe 6	dto. 1123 dto.

Diese Werte wurden photometrisch ausgemessen.

Es wurden folgende Schnittzeiten angegeben und errechnet:

Bei einer Fläche von 432 cm^2 bei Dunkelheit:

Stufe I	148 sec.
Stufe II	198 sec.
Stufe III	295 sec.
Stufe IV	300 sec.
Stufe V	302 sec.
Stufe VI	327 sec.

Bei einer Fläche von 432 cm^2 bei 100 Lux-Beleuchtung:

Stufe I	24 sec.
Stufe II	88 sec.
Stufe III	153 sec.
Stufe IV	196 sec.
Stufe V	227 sec.
Stufe VI	275 sec.

Bei einer Fläche von 54 cm^2 bei Dunkelheit:

Stufe I	103 sec.
Stufe II	145 sec.
Stufe III	180 sec.
Stufe IV	194 sec.
Stufe V	242 sec.
Stufe VI	250 sec.

Bei einer Fläche von 54 cm^2 bei 100 Lux-Beleuchtung:

Stufe I	30 sec.
Stufe II	96 sec.
Stufe III	172 sec.
Stufe IV	180 sec.
Stufe V	192 sec.
Stufe VI	206 sec.

Graphische Darstellung

Nachbilddauer abhängig von Größe und Stärke des
dargebotenen Reizes bei einer Blitzfläche von 432 cm^2
bei Dunkelheit.

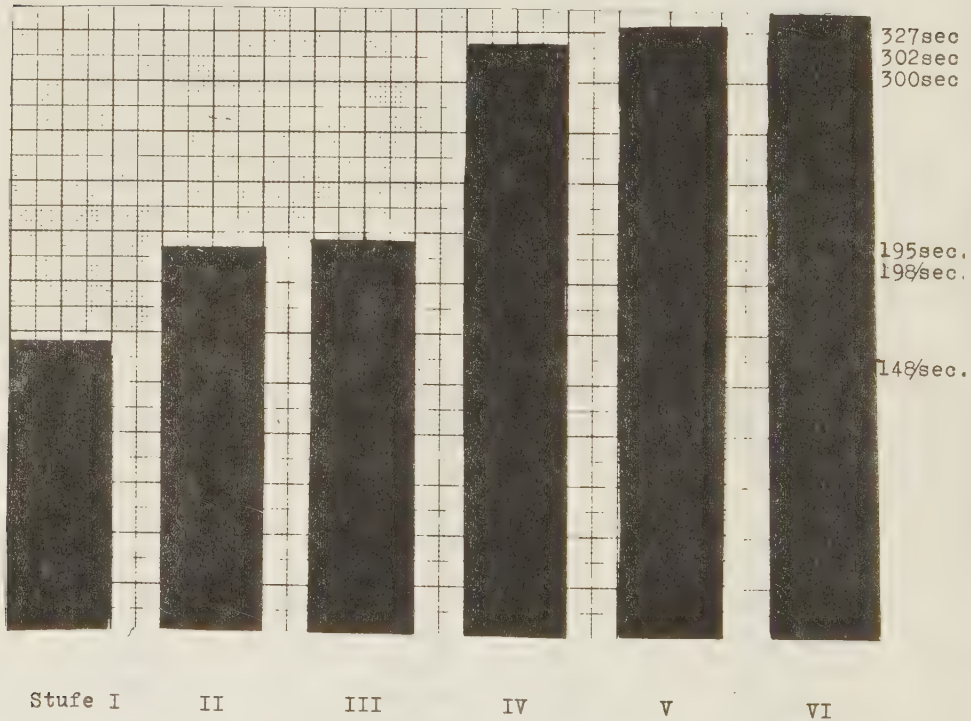


Abbildung 4

Auf der Ordinate findet sich die Blitzintensität dargestellt
in Watt/sec., auf der Abszisse die Nachbilddauer in Sekunden.

Graphische Darstellung

Nachbilddauer abhängig von Größe und Stärke des
dargebotenen Reizes bei einer Blitzfläche von 432 cm^2
bei 100 Lux-Beleuchtung.

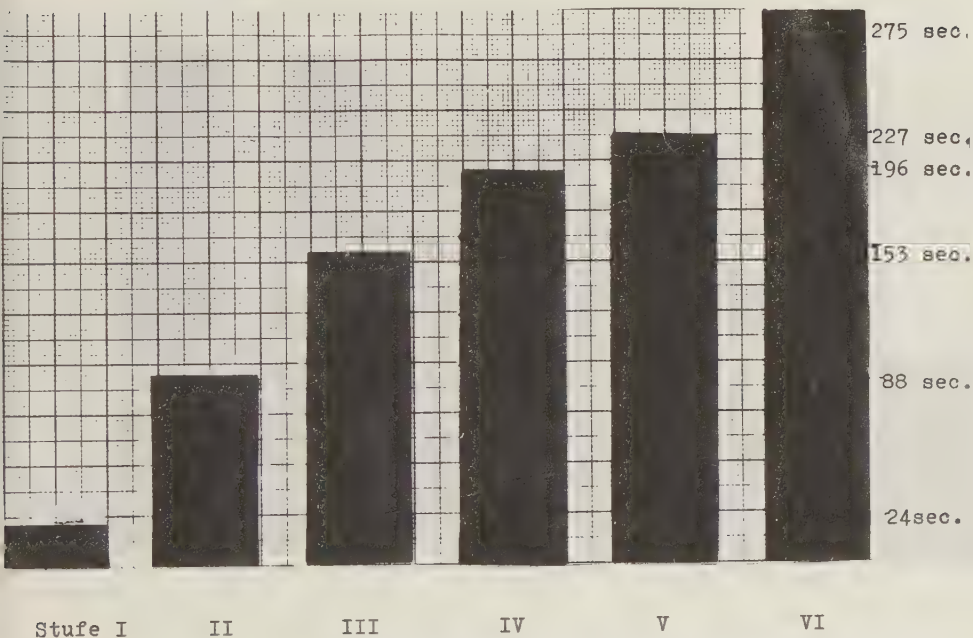


Abbildung 5

Auf der Ordinate findet sich die Blitzintensität dargestellt
in Watt/sec., auf der Abszisse die Nachbilddauer in Sekunden.

Graphische Darstellung

Nachbilddauer abhängig von Größe und Stärke des dargebotenen Reizes bei einer Blitzfläche von 54 cm^2 bei Dunkelheit.

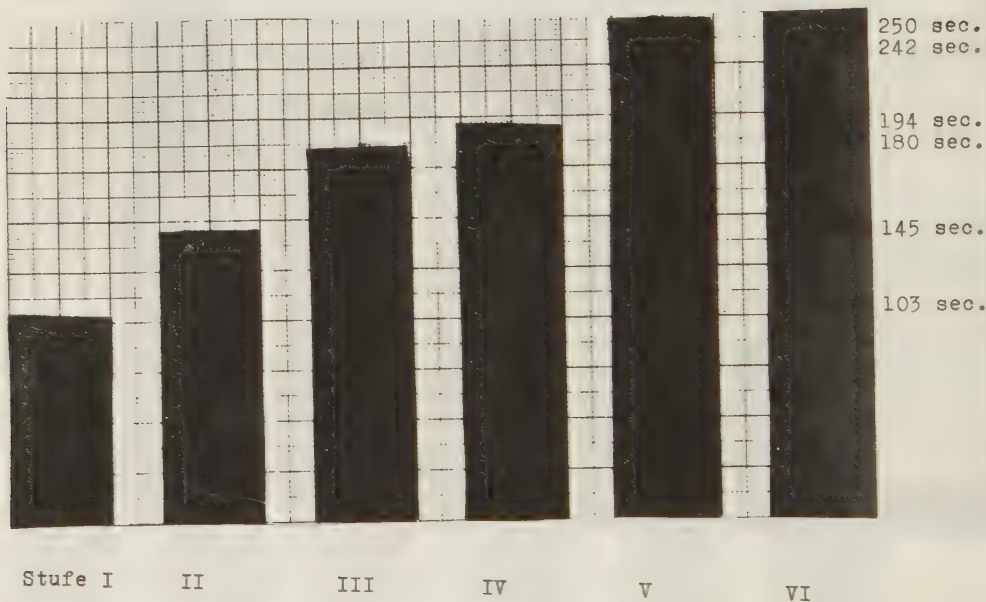


Abbildung 6

Auf der Ordinate findet sich die Blitzintensität dargestellt in Watt/sec., auf der Abszisse die Nachbilddauer in Sekunden.

Graphische Darstellung

Nachbilddauer abhängig von Größe und Stärke des
dargebotenen Reizes bei einer Blitzfläche von 54 cm^2
bei 100 Lux-Beleuchtung.

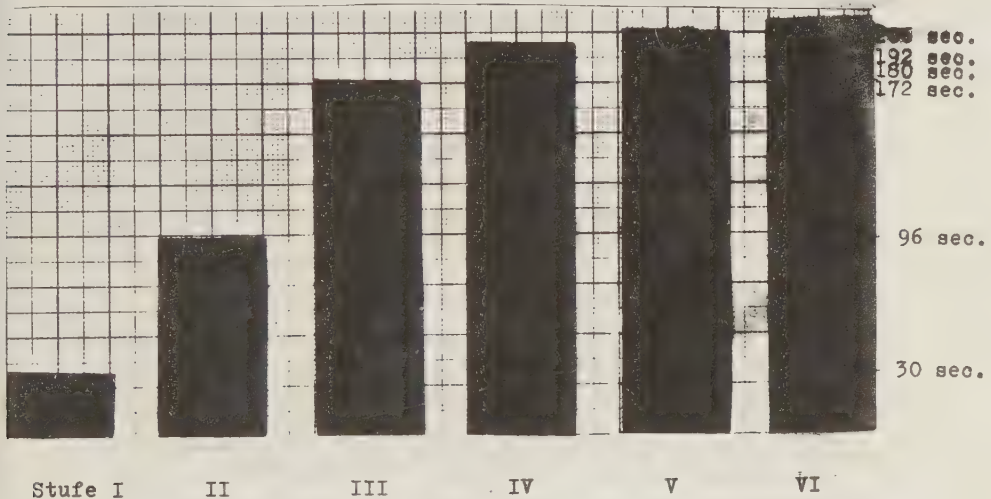


Abbildung 7

Auf der Ordinate findet sich die Blitzintensität dargestellt
in Watt/sec., auf der Abszisse die Nachbilddauer in Sekunden.

4. Ergebnisse:

Bei der zu Beginn der Arbeit gestellten Aufgabe sollten unterschiedliche Werte in der Nachbilddauer in der Abhängigkeit von der Größe des Reizmittels gefunden werden. Bei der Gegenüberstellung der angegebenen und errechneten Zeiten von großen 432 cm^2) und kleinen (54 cm^2) Nachbildern zeigt sich eindeutig, daß die Nachbilddauer des größeren Nachbildes erheblich länger ist, als die des kleinen Nachbildes. Es kann also gesagt werden, daß die Dauer eines Nachbildes von der Größe eines dargebotenen Reizes abhängig ist. Je größer die Fläche eines Elektronenblitzes, desto länger dauern die Nachbilder an. Obwohl bei den hier durchgeführten Versuchen die Größenverhältnisse des Elektronenblitzes 1 : 8 waren, konnten keine mathematischen Gesetzmäßigkeiten in der Nachbilddauer festgestellt werden.

Die Untersuchungen dafür ergaben, daß bei den Nachbildern eine Abhängigkeit zwischen der dargebotenen Blitzstärke und Größe der Reizmittelfläche besteht. Eine Gesetzmäßigkeit kann jedoch nicht aufgestellt werden, da bereits bei zwei Testpersonen erhebliche Unterschiede in der Länge der Nachbildzeiten aufzuweisen waren.

Abschließend kann festgestellt werden, daß bei den Nachbildern eine Abhängigkeit zwischen der dargebotenen Blitzstärke und Größe der Reizmittelfläche besteht.

D) Diskussion:

Die hier dargelegten Untersuchungen zeigten zwar eine Verlängerung der Nachbilddauer in Abhängigkeit von der Größe des Elektronenblitzes und der Intensität. Diese Abhängigkeit konnte jedoch nicht in mathematische Proportionen gebracht werden. Auch Cibis und Nothdurft fanden diese Abhängigkeit, konnten aber ebenfalls keine Gesetzmäßigkeiten feststellen. Zu kurze Nachbilddauer ist in gewisser Weise von psychologischen und konstitutionellen Verhältnissen abhängig. Dies meinte auch Cibis, der bei Alkoholikern, Geisteskranken usw. zu unterschiedlichsten Ergebnissen kam.

E) Zusammenfassung:

Die bereits bekannte Tatsache über die Dauer der Nachbilder in Abhängigkeit von der Reizstärke ist an den Ergebnissen der hier durchgeführten Untersuchungen klar ersichtlich und bestätigt frühere Untersuchungsergebnisse. Aus den Kurven ist eine kontinuierliche Steigerung der Nachbilddauer zu ersehen. Daß die Länge der Nachbilder ebenso von der Dunkeladaptation wie von der Helligkeit des Blitzes abhängig ist, fand hier ebenfalls Bestätigung. Bei der zu Beginn der Arbeit gestellten Aufgabe sollten auch unterschiedliche Werte in der Nachbilddauer in der Abhängigkeit von der Größe des Reizmittels gefunden werden. Bei der Gegenüberstellung der angegebenen und errechneten Zeiten von großen (432 cm^2) und kleinen (54 cm^2) Nachbildern zeigt sich eindeutig, daß die Nachbilddauer des größeren Nachbildes erheblich länger ist als die des kleinen Nachbildes. Es kann also gesagt werden, daß die Dauer eines Nachbildes von

der Größe eines dargebotenen Reizes abhängig ist. Je größer die Fläche eines Elektronenblitzes, desto länger dauern die Nachbilder an. Obwohl bei diesen Versuchen die Größenverhältnisse des Elektronenblitzes 1 : 8 waren, konnten keine mathematischen Gesetzmäßigkeiten in der Nachbilddauer festgestellt werden.

F) Literatur:

- Aubert, H.: Über die durch den elektrischen Funken erzeugten Nachbilder. Moleschotts Unters. Naturlehre d. Menschen 5, 279 - 318 (1858)
- Bales, J. F. and Follansbee, G. L.: The aftereffect of curved lines. J. exp. Psychol. (1935) 18, 499 - 305
- Bayer, L.: Die periodischen Nachbilder nach kurzdauernder Belichtung mit farbigen Reizlichtern. Z. Biol. 85, 299 - 324, (1926)
- Bosscha, H. P.: Primäre, secundäre und tertiäre Netzhautbilder nach momentanen Lichteindrücken. Albrecht v. Graefes Arch. Ophthal. 40, 22 - 42 (1894)
- Brindley, S.: After images, J. Physiol. 147, 149 - 153, (1959)
- Cibis, P. und H. Nothdurft: Experimentelle Trennung eines zentralen und eines peripheren Anteils von unbunten Nachbildern. Lokalisation der Leistungsunterbrechung, die bei experimenteller Netzhautanämie zu temporärer Amaurose führt. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 250, 501 - 520 (1948)

- Conklin, J. E.: The influence of figural inspection on visible movements: I. The figural after - effect. *Northest Science*, 30, 77 - 97 (1956)
- Conreur, MM. L., Meur, G., et Zahnen, A.: Utilisation de stimuli colorés dans l' étude de l' adaptation locale precoce (note préliminaire). *Bull. Soc. Belge d' Ophtal.* 143, 542 - 547 (1966)
- Crovitz, H. F. and Lipscomb, D. D.: Dominance of the temporal visual fields. *Amer. J. Psychol.* 76, 631 - 637 (1963)
- Cüppers, C.: Ein Ausblendverfahren zur Amblyopiebehandlung. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 128, 2, 236 (1956)
- Cüppers, C.: Moderne Schielbehandlung. *Klin. Mbl. Augenheilk.*, 129, 5, 579 - 604 (1956)
- Darabos, G.: Diskussion über Nachbilder. *Debrecen* (1935)
- Davson, M.: *Physiology of the eye* (Philad.) 88 (1949)
- Daw, N. W.: Why after images are not seen in normal circumstances. *Nature* 23,
- Day, R. H.; Pollack, R. H., Seagrim, G. N.: Figural after-effects: a critical review. *Austr. J. Psychol.* 11, 15 - 45. (1959)
- Deutsch, J. A.: The statistical theory of figural after-effects and acuity. *Brit. J. Psychol.* 47, 208 - 215 (1956)

- Dittler, R. und Eisen-
meyer J.: Über das 1. positive Nachbild nach
kurzdauernder Reizung des Sehor-
gans mittels bewegter Lichtquelle.
Pflüg. Arch. ges. Physiol. 126,
610 - 647 (1909)
- Duke - Elder, S.: System of ophthal., Vol IV 656,
London (1968)
- Ebbecke, U.: Über positive und negative Nach-
bilder, ihre gegenseitige Bezieh-
ung und den Einfluß der lokalen
Adaptation. Pflüg. Arch. ges.
Physiol. 221, 160 - 188 (1929)
- Ebbecke, U.: Über spontane Nachbildschwankungen
und das Verhältnis von Nacherre-
gung und Induktion. Pflüg. Arch.
ges. Physiol. 221, 198 - 214 (1929)
- Ekman, G. and Lind-
man R.: Note on measurement of visual af-
ter - image intensity as a func-
tion of the time, Vision Res. 4,
579 - 584 (1964)
- Fischer, M. H.: Messende Untersuchungen über das
Purkinjesche Phänomen im Nach-
bild. Pflüg. ges. Physiol. 198,
311 - 348 (1923)
- Fröhlich, F. W.: Untersuchungen über periodische
Nachbilder. Z. Sinnesphysiol. 52
60 - 88 (1921)
- Über den Einfluß der Hell- und
Dunkeladaptation auf den Verlauf
der periodischen Nachbilder. Z.
Sinnesphysiol. 53, 79 - 107 (1922)

- Fröhlich, F. W.: Über die Abhängigkeit der periodischen Nachbilder von der Dauer der Belichtung. Z. Sinnesphysiol. 53, 108 - 121 (1922a)
- Gibson, R.: Adaptation with negative after-effect, Psychol. Rev. 44, 222, 223 - 244 (1937a)
- Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines: II. Simultaneous contrast and a real restriction of the after-effect. J. exp. Psychol. 20, 553 - 569, (1937b)
- Gibson, R. and Radner, M.: Adaptation, after - effect and contrast in the perception of tilted lines: I. Quantitative studies. J. exp. Psychol. 20, 453 - 467 (1937)
- Grüsser, O. J.: Reaktionen einzelner corticaler und retinaler Neurone der Katze auf Flimmerlicht und ihre Beziehung zur subjektiven Sinnesphysiologie. Diss. Freiburg i. Br. (1956)
- Receptorpotentiale einzelner retinaler Zapfen der Katze. Naturwissenschaften 44, 522 (1957)
- Grüsser, O. J. und Grützner, A.: Neurophysiol. Grundlagen der periodischen Nachbildphasen nach kurzen Lichtblitzen. V. Gräfes Archiv f. Ophthalm., Bd. 160, S. 65 - 93 (1958)

- Grüsser, O. J. und
Kapp, H.:
Reaktionen einzelner retinaler Neurone auf Lichtblitze. II. Doppelblitze mit wechselndem Blitzintervall. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 266, 111 - 129 (1958)
- Grüsser, O. J. und
Rabelo, C.:
Reaktionen einzelner retinaler Neurone auf Lichtblitze. I. Einzelblitze und Lichtblitze wechseln der Frequenz. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 265, 501 - 525 (1958)
- Grützner, A., Grüsser
O. J. und Baumgartner,
G.:
Reaktionen einzelner Neurone des optischen Cortex der Katze nach elektrischen Einzelreizen des Nervus opticus. Arch. Psychiatr. Nervenkr. 197 (1958)
- Hamaker, H. G.:
Über Nachbilder nach momentaner Helligkeit. Z. Sinnesphysiol. 21, 1 - 44 (1899)
- Heinrich, F.:
Untersuchungen zum farbigen Simultancontrast. Optik 22, 162 - 168 (1965)
- Helmoltz, H.:
Physiologische Optik, 2. Aufl. Berlin (1896)
- Hering, E.:
Eine Methode zur Beobachtung und Zeitbestimmung des ersten positiven Nachbildes kleiner bewegter Objekte. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 126, 604 - 609 (1909)
- Hess, C. v.:
Studien über Nachbilder. Albrecht v. Graefes. Arch. Ophthalm. 40, 259 - 279 (1894)

- Hess, C. v. Experimentelle Untersuchungen über die Nachbilder bewegter, leuchtender Punkte. Albrecht v. Graefes Arch. Ophthal. 44, 445 - 480 (1897)
- Judd, D. B.: A quantitative investigation of the Purkinje after image. Amer. J. Psychol. 38, 507 - 533 (1927)
- Katz, M. S.: Brief flash brightness, Vision Res. 4, 361 - 373 (1964)
- Kinney, A. S.: Effect of exposure time on induced color J. Opt. Soc. Amer. 55, 731 - 736 (1956)
- Köhler, W. and Wallach, H.: Figural after - effects, An investigation of visual processes. Proc. Amer. Philos. Soc. 88, 269 - 357 (1944)
- Kovács, A.: Über den Einfluß der Dunkeladaptation auf die Empfindungszeit und den zeitlichen Verlauf der Gesichtsempfindung. Z. Sinnesphysiol. 54, 161 - 213 (1923)
- Kries, J. v.: Über die Wirkung kurzdauernder Reize auf das Sehorgan. Z. Sinnesphysiol. 25, 239 - 243 (1901)
- Lashley, K. S., Chow, K. L. and Semmes, J.: An examination of the electrical field theory of cerebral integration. Psychol. Rev. 58, 123 - 136 (1951)
- Miller, N. D.: Positive after image a background luminance. J. opt. Soc. Amer. 56 1616 - 1620 (1966)

- Milton, S. Katz: Brief flash brightness (Helligkeits-eindruck kurzer Lichtblitze). (U.S. Naval Train. Device Ctr. Port Washington, New York) Vision Res. 4, 361 - 373, 164
- Monjè, M.: Die Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufes der Gesichtsempfindung vom zeitlichen Verlauf des Lichtreizes und dem Adaptationszustand. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 209, 562 - 604 (1925)
- Nachmias, J. and Steinmann, R. M.: Brightness and discriminability of light flashes, Vision Res. 5, 545 - 577 (1965)
- Osgood, C. E. and Heyer, A. W.: A new interpretation of figural after - effects. Psychol. Rev. 59, 98 - 118 (1952)
- Padgham, C. A.: Quantitative Study of visual after-images, Brit. J. Ophthal. 37, 165, (1953)
- The role of the retinal receptors in the formation of the positive visual after-image vision Res. 3, 45 - 49 (1963)
- Measurements of the colour sequences in positive visual after - images, Vision Res. 8, 939 - 949 (1968)
- Pannevis, M.: Über den Helligkeitsverlauf positiver Nachbilder, 113, 280 - 289 (1947)

- Pollack, R. H.: Application of the sensory - tonic theory of perception to figural after - effect, Acta Psychol. 21 1 - 16 (1963)
- Purkinje, J. E.: Neue Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjektiver Hinsicht. Berlin 1825
- Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjektiver Hinsicht. Prag 1819
- Rehder, W. M.: Vergleich der Detaillerkennbarkeit des menschlichen Auges bei Kurzzeit- und Gleichlichtbeleuchtung. Biophysik 2, 56 - 66 (1964)
- Rein - Schneider Physiologie des Menschen, Berlin 1960
- Roman, C. V.: The new physiology of vision XVI. Further studies of the retinal responses. Curr. Sci. 34, 269 - 271 (1965)
- Sagara, M. and Oyama J.: Experimental studies on figural after - effects in Japan. Psychol. Bull. 54, 327 - 338 (1957)
- Siebeck, R.: Optik des menschlichen Auges, (1960) Springer - Verlag, Berlin, Göttingen und Heidelberg.
- Sperry, R. W. and Meyers, R. E.: Visual pattern perception following subpial slicing and tantalum wire implantation in the cortex. J. comp. physiol. Psychol. 48 50 - 58 (1955)

- Stabell, U. and
Stabell, B.: Color threshold measurements in scotopic vision, I. Prestimulation varied, Scand. J. Psychol. 8, 268-272 (1967)
- Color threshold measurements in scotopic vision, III. Simultaneous color contrast. Scand. J. Psychol. 9, 133 - 137 (1968)
- Trendelenburg, W.: Der Gesichtssinn. In Lehrbuch der Physiologie, herausgeg. v. W. Trendelenburg, Berlin 1943, 333 S.
- Vernon, M. D.: The perception of inclined lines, Brit. J. Psychol. 25, 186 - 196 (1934)
- Walraven, P. L. and
Leebeck, H. J.: Phase shift of sinusoidally alternating colores stimuli, J. opt. Soc, Amer. 54 78 - 82 (1964)
- Wright, J. M. v.: A note on interocular transfer and the colour of visual after-images. Scand. J. Psychol. 4, 241 - 244 (1963)
- Wright, W. D.: Researches on Normal and Defective Colour vision, 51 - 72 (1946) Kimpton, London

Lebenslauf

Ich, Martin Nagy, wurde am 22. März 1935 als Sohn des Berufsoffiziers Marton Nagy und seiner Ehefrau Katharina in Budapest geboren.

In Budapest besuchte ich die Volksschule und wechselte nach 4 Klassen in das Humanistische Gymnasium über. Nach dem Abitur habe ich 1955/56 mein Medizinstudium aufgenommen.

1957 flüchtete ich dann nach Österreich und verdiente in den folgenden fünf Jahren meinen Unterhalt als Berufssportler in verschiedenen europäischen Ländern.

1963 nahm ich mein Studium in Erlangen wieder auf, welches ich 1966 mit dem Staatsexamen mit der Note "gut" abgeschlossen habe.

Seitdem bin ich am Städtischen Krankenhaus Ansbach tätig. Ich strebe den Facharzt für innere Medizin an.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
